

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 6 月 1 0 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 1 7 2 1 8 3

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

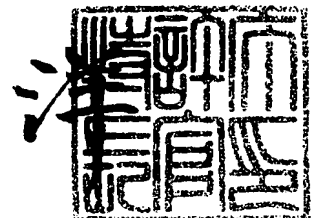
J P 2 0 0 4 - 1 7 2 1 8 3

出 願 人
Applicant(s): ヤマハ発動機株式会社

2 0 0 5 年 6 月 2 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

【整理番号】 PY51684JP0
【提出日】 平成16年 6月10日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 C22F 1/18
B24C 1/10

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機株式会社内
【氏名】 鈴木 貴晴

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機株式会社内
【氏名】 安達 修平

【特許出願人】
【識別番号】 000010076
【氏名又は名称】 ヤマハ発動機株式会社

【代理人】
【識別番号】 100101683
【弁理士】
【氏名又は名称】 奥田 誠司

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 082969
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0318143

【請求項 1】

表面から深さ約 100 μm 以内において 270 MPa 以上の圧縮応力を有するチタン合金部材。

【請求項 2】

表面から深さ約 100 μm までの表面領域および前記表面領域の内部に位置する内部領域を含み、前記表面領域は、前記内部領域よりも α 相が多い変質層を含み、前記表面領域における前記変質層の割合は 10 vol % 以下である請求項 1 に記載のチタン合金部材。

【請求項 3】

前記表面は、最大表面粗さ R_t が 20 μm 以下である請求項 1 または 2 に記載のチタン合金部材。

【請求項 4】

前記チタン合金部材は、常温において 50 vol % 以上の β 相を含む請求項 1 から 3 のいずれかに記載のチタン合金部材。

【請求項 5】

前記チタン合金部材は、ばねである請求項 1 から 4 のいずれかに記載のチタン合金部材。

【請求項 6】

前記チタン合金部材は、車両用サスペンションばねである請求項 1 から 4 のいずれかに記載のチタン合金部材。

【請求項 7】

前記チタン合金部材は、エンジン用バルブスプリング、エンジン用コネクティングロッド、および航空機用構造部品から選ばれるいずれかである請求項 1 から 4 のいずれかに記載のチタン合金部材。

【請求項 8】

成形チタン合金部材を用意する工程 (A) と、

第 1 の投射材を用いて前記成形チタン合金部材にショットピーニングを施す工程 (B) と、

前記工程 (B) により、前記成形チタン合金部材の表面領域に生じた変質層の少なくとも一部を機械的に除去する工程 (C) と、
を包含するチタン合金部材の製造方法。

【請求項 9】

前記工程 (C) は、前記第 1 の投射材より大きい硬度を有する第 2 の投射材を前記成形チタン合金部材の表面に投射する請求項 8 に記載のチタン合金部材の製造方法。

【請求項 10】

前記工程 (C) により、表面から深さ約 20 μm ないし約 40 μm まで前記成形チタン合金部材を除去する請求項 8 または 9 に記載のチタン合金部材の製造方法。

【請求項 11】

前記第 2 の投射材は、1000 以上のビッカース硬度を有する請求項 9 に記載のチタン合金部材の製造方法。

【請求項 12】

前記成形チタン合金部材は 370 から 470 のビッカース硬度を有する請求項 8 から 11 のいずれかに記載のチタン合金部材の製造方法。

【請求項 13】

前記工程 (A) は、

チタン合金からなる線材を巻回し、コイル形状を有する成形チタン合金部材を得る工程 (A1) と、

前記成形チタン合金部材に時効処理を施す工程 (A2) と、
を含む請求項 8 から 12 のいずれかに記載のチタン合金部材の製造方法。

【請求項 14】

前記工程(D)は、速心力、圧縮力および水圧のいずれかによつて前記第1の投射材を前記成形チタン合金部材に投射する請求項8から13のいずれかに記載のチタン合金部材の製造方法。

【請求項15】

前記第2の投射材は SiO_2 を含む請求項9に記載のチタン合金部材の製造方法。

【発明の名称】 チタン合金部材およびその製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明はチタン合金ばねなどのチタン合金部材およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

チタンは鉄に比べて、構造部材あるいは機能部材として必要な物性に優れている。具体的には、チタンの密度は鉄よりも小さく、比重に対する引っ張り強度などの強度が高い。また、ヤング率も鉄の半分程度であり、優れた弾性特性を示す。このため、チタンを用いることにより、軽くて強度が高く、弾性に富む構造部材や機能部材を形成することができる。また、チタンに種々の元素を添加し、チタン合金を形成することにより、これらの特性をさらに改善することが可能である。

【0003】

こうした利点にもかかわらず、チタンあるいはチタン合金を用いる構造部材や機能部材は航空機やゴルフクラブのシャフトなど特殊な用途でしか用いられることはなかった。従来チタンやチタン合金を得るコストは鉄に比べ高かったからである。しかし、近年、低コストでチタン合金を製造する方法が開発され、チタン合金を構造部材や機能部材として用いる場合のコスト上の制約は解消しつつある。このため、上述したチタンの利点を生かし、さまざまな分野の製品にチタン合金を用いることが検討されている。

【0004】

特に、チタン合金を用いてばね（以下、チタン合金ばねと呼ぶ）を形成した場合、密度が小さいため、ばねを構成する線材の単位長さあたりの重量を小さくできる。また、ヤング率が小さいためばねの巻き数を減らすことができ、同じ伸縮量を得るために必要なバネの高さおよびばねを構成する線材の全長を短くすることができる。このため、チタン合金ばねは、同等の機能を有し、鋼からなるばね（以下、鋼ばねと呼ぶ）に比べて60%程度重量を削減することができる。こうした軽量のばねを車両のサスペンションに用いることによって、車両全体の重量を低減し、振動の減衰を早め、車両の走行性能を向上させることが可能となる。

【0005】

従来より鋼ばねを製造する場合、鋼からなるカットワイヤや鋳鋼玉などの投射材をばねの表面に投射し、表面を塑性変形させることによって、ばね表面近傍の内部に圧縮応力を生じさせ、ばねの耐久性を向上させる処理が行われる。この処理をショットピーニングという。ばねの表面近傍に圧縮応力が生じている場合、表面に傷が生じてても、圧縮応力はその傷が拡大しない方向に働く。このため、傷が拡大し破壊に至るのを抑制することができる。チタン合金からなるばねを製造する場合にもたとえば特許文献1および2に開示するように、ショットピーニングを施して、耐久性を向上させることが知られている。

【特許文献1】 特開平5-195175号公報

【特許文献2】 特開平5-112857号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、本願発明者の研究によれば、特許文献1および2に開示されるようなショットピーニングの条件では、十分な耐久性、特に十分な疲労強度を有するばねを得ることができないことが分かった。本発明は、このような課題を鑑み、耐久性に優れたチタン合金部材およびその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のチタン合金部材は、表面から深さ約100 μ m以内において270MPa以上の圧縮応力を有する。この圧縮応力はV管球を用いたX線法による残留応力の測定結果に

みる。

【0008】

ある好ましい実施形態において、チタン合金部材は、表面から深さ約100 μ mまでの表面領域および前記表面領域の内部に位置する内部領域を含み、前記表面領域は、前記内部領域よりも α 相が多い変質層を含み、前記表面領域における前記変質層の割合は10vol%以下である。

【0009】

ある好ましい実施形態において、前記表面は、最大表面粗さRtが20 μ m以下である。

【0010】

ある好ましい実施形態において、前記チタン合金部材は、常温において50vol%以上の β 相を含む。

【0011】

ある好ましい実施形態において、前記チタン合金部材は、ばねである。

【0012】

ある好ましい実施形態において、前記チタン合金部材は、車両用サスペンションばねである。

【0013】

ある好ましい実施形態において、前記チタン合金部材は、エンジン用バルブスプリング、エンジン用コネクティングロッド、および航空機用構造部品から選ばれるいずれかである。

【0014】

本発明のチタン合金部材の製造方法は、成形チタン合金部材を用意する工程(A)と、第1の投射材を用いて前記成形チタン合金部材にショットピーニングを施す工程(B)と、前記工程(B)により、前記成形チタン合金部材の表面領域に生じた変質層の少なくとも一部を機械的に除去する工程(C)とを包含する。

【0015】

ある好ましい実施形態において、前記工程(C)は、前記第1の投射材より大きい硬度を有する第2の投射材を前記成形チタン合金部材の表面に投射する。

【0016】

ある好ましい実施形態において、前記工程(C)により、表面から深さ約20 μ mないし約40 μ mまで前記チタン合金部材を除去する。

【0017】

ある好ましい実施形態において、前記第2の投射材は、1000以上のピッカース硬度を有する。

【0018】

ある好ましい実施形態において、前記成形チタン合金部材は370から470のピッカース硬度を有する。

【0019】

ある好ましい実施形態において、前記工程(A)は、チタン合金からなる線材を巻回し、コイル形状を有する成形チタン合金部材を得る工程(A1)と、前記成形チタン合金部材に時効処理を施す工程(A2)とを含む。

【0020】

ある好ましい実施形態において、前記工程(B)は、遠心力、圧縮空気および水圧のいずれかによって前記第1の投射材を前記成形チタン合金部材に投射する。

【0021】

ある好ましい実施形態において、前記第2の投射材はSiO₂を含む。

【発明の効果】

【0022】

本発明のチタン合金部材は、破壊の起点となる欠陥が生じた変質層を含んでおらず、圧

軸心力がチタン合金部材の表面近傍に生じている。このため、チタン合金部材は高い疲労強度を示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本願発明者は、従来技術のショットピーニングをチタン合金ばねに施しても十分な疲労強度が得られない原因を調べるため、チタン合金ばねの断面を調べた。図1(a)は鋼ばねの断面を示す写真であり、図1(b)はチタン合金ばねの断面を示す写真である。いずれのばねにも、疲労強度を向上させるために用いる従来ショットピーニングの処理を施している。

【0024】

図1(a)および(b)を比較すれば明らかなように、鋼ばねには見られない欠陥の生じた領域がチタン合金ばねの表面近傍に見られる。チタン合金ばねの断面を詳細に検討した結果、以下のような知見が得られた。

【0025】

図2(a)は図1に示すチタン合金ばねの断面を模式的に示している。断面を詳細に分析および検討した結果、ショットピーニングを行ったチタン合金ばねの表面近傍には、欠陥3が生じた変質層2が形成されていることが分かった。

【0026】

チタン合金は常温では六方稠密充填(HCP)構造をとっているが、885℃以上の温度にある場合、または、合金元素としてMo、V、Nb、Taなどを含む場合、体心立方(BCC)構造に変態する。HCP構造およびBCC構造をそれぞれα相およびβ相と呼び、常温においてBCC構造をとる合金をβ合金という。一般にβ相のほうが加工性に優れるため、チタン合金ばねはβ合金を用いて作られる。

【0027】

投射材をチタン合金ばねの表面に投射した場合、投射材の運動エネルギーは表面のくぼみ形成、表面の発熱という形で消費される。分析の結果、変質層2ではショットピーニングにより発生したエネルギー(変形と熱)によってβ相がα相に変態しており、変質層2の大部分がHCP構造のα相により構成されていることが分かった。この変質層2の厚さは約20μmから約40μmであった。変質層2より内部に存在する領域1は熱の影響を受けず、β相あるいはβ相を多く含む合金により構成されている。つまり、変質層2は領域1よりもα相を多く含んでいる。

【0028】

図2(b)は、図2(a)に示す断面における内部残留応力の深さ方向のプロファイルを模式的に示している。図2(b)に示すように、表面に変質層2が形成されており、圧縮残留応力は深くなるにしたがって増大している。圧縮応力は変質層の内部の領域1(約200μm)において最大となっている。

【0029】

図1(b)に示すチタン合金ばねに対して疲労試験を行ったところ、耐疲労強度が低下していることが分かった。これは、変質層2に生じた欠陥3が領域1との界面4にまで達しているために、変質層2と変態の生じていない領域1との界面4に応力が集中し、界面4を起点として破断が領域1の内部へ広がるのが原因であると推察される。

【0030】

これらのことから、変質層2を除去することにより、破断の起点となる欠陥3を取り除き、かつ、比較的大きな圧縮応力が残留している領域1を表面に設けることができると考えられる。これにより、ばねの表面近傍の圧縮応力を利用して、チタン合金ばねの疲労強度を向上させることができる。

【0031】

以下、本発明のチタン合金部材およびその製造方法を具体的に説明する。

【0032】

図3(a)は本発明によるチタン合金部材の表面近傍の構造を模式的に示している。ま

た、図3 (b) は、図3 (a) に示す側面における応力の深さ方向のプロファイルを示している。チタン合金部材10は、表面領域11bおよびその内部に位置する内部領域11aを含む。表面領域11aは、チタン合金部材10の表面11sから深さ約100 μ m以内の領域であり、270 MPa以上の圧縮応力を有している。この圧縮応力は以下において詳細に説明するように、ショットピーニング処理によって生じている。ショットピーニングにより表面に生じる変質層はチタン合金部材10から除去されている。チタン合金部材10の表面から100 μ mより浅い領域において、270 MPaの圧縮応力が生じていることにより、チタン合金部材10の疲労強度の向上が見られる。表面領域11aにおける圧縮応力は270 MPa以上であれば疲労強度が向上する。しかし、チタン合金部材10の降伏点を考慮すると、圧縮応力は1100 MPaが限界である。この応力は、X線法によりV管球を用いた残留応力の測定方法を用いてチタン合金部材10の β 相を計測したものである。ただし、X線法による応力の値は一般的な応力計測方法である歪みゲージ法による値とは一致しない。このため、X線法による応力を歪みゲージ法に検定を行い、検定に基づいて、X線法による応力の値を補正している。

【0033】

図3 (b) に図2 (b) のプロファイルを破線で示している。図から明らかなように、従来のショットピーニングにより得られる応力のピークに比べて表面近傍に応力のピークが移動しており、深さ約100 μ mにおいて圧縮応力は最大となる。ショットピーニングによる圧縮応力のプロファイルは、投射材の質量および投射速度に依存する。一般に、大きな圧縮応力を発生させるためには重い投射材を用いる必要があり、投射材が対象物へ衝突する際のエネルギーも大きくなる。このため、対象物の内部深くまで投射材によるエネルギーが伝播し、応力のピークも深くなってしまう。つまり、大きな圧縮応力を形成する条件を用いてショットピーニングを一回施す場合、応力の最大値は表面から深いところに位置してしまい、本発明のように、大きな応力を表面から比較的浅い領域において形成することは難しい。

【0034】

なお、表面近傍の圧縮応力を規定するために、チタン合金部材10の表面から100 μ mより浅い領域を表面領域11bと呼んでいるが、表面領域11bと内部領域11aとを分ける組成や物性の差異は実際には生じていない。図3 (b) に示すように、圧縮応力は表面領域11bと内部領域11aとの境界近傍において最も大きくなり、境界よりも内部領域11bの内部では応力は急激に小さくなり、その後ほぼ一定値をとる。

【0035】

表面領域11bおよび内部領域11aを含むチタン合金部材10の全体11は β 相を50 vol%以上含んでいることが好ましく、チタン合金部材10の全体11が β 相により構成されていてもよい。つまり、 β 相を50 vol%以上含む $\alpha + \beta$ 合金または β 合金であればよい。このような合金は、Al、Fe、Mo、Sn、V、Zr、Si、Cr、Nb、Oなどの元素の一種以上を含んでいる。代表的な組成としては、Ti-1.5Al-4.5Fe-6.8Mo-0.15O、Ti-13V-11Cr-3Al、Ti-8Mo-8V-2Fe-3Al、Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr、Ti-11.5Mo-6Zr-4.5Sn、Ti-15Mo-5Zr、Ti-15Mo-5Zr-3Alなどが挙げられる。

【0036】

上述したようにショットピーニング処理の際に生じる変質層は除去され、表面領域11bに変質層が含まれていないことが好ましい。しかし、変質層が10 vol%以上の割合で表面領域11aに残っていなければ、応力集中の原因となる欠陥3はチタン部材10からほとんど除去され、チタン部材10は高い疲労強度を備える。

【0037】

チタン部材10の表面11sは、20 μ m以下の最大表面粗さ R_t を有していることが好ましい。表面11sを平滑にすることによって、表面11sにおける応力の集中を緩和し、疲労によるチタン部材10の破断を抑制することができる。特に、表面11sに一箇

所でも粗い部分が存在すると、その部分に応力が集中するのを、最大表面粗度を上述の値にすることにより、変質層を除去した効果に加えて、応力集中の緩和を図ることができる。

【0038】

次に図4および図5を参照しながら、本発明によるチタン部材の製造方法の一例を説明する。以下の説明では、チタン合金ばねを製造する方法を説明する。まずはばねを構成する線材を用意する（ステップ21）。線材が所望の直径を有するように、あらかじめ冷間伸線加工などを施しておく。線材には上述したチタン合金材料のうち、加工性に優れる β 合金または α 相が少ない $\alpha + \beta$ 合金を用いることが好ましい。用意した線材をコイリング成形などの成形方法により所望の形状に成形し、成形したチタン合金部材である成形ばねを得る（ステップ22）。その後、成形ばねに時効処理を施す（ステップ23）。

【0039】

次に、成形ばねの表面近傍に圧縮応力を発生させるためショットピーニング処理を行う（ステップ24）。図5（a）に示すように、ばね30の表面30sに投射材31を投射し、表面30sにくぼみを形成する。投射材31としては、鋳鋼ショット玉またはカットワイヤを用いることがコストの観点から好ましい。投射材31の大きさ、投射速度および投射密度は製造するチタン合金部材の大きさや用途、チタン合金部材を構成する合金の組成に応じて適宜選択する。投射材は、遠心力、圧縮空気および水圧など公知の方法を用いて投射することができる。図5（a）に示すように、ショットピーニング処理によりばね30の表面30s近傍に内部領域30aよりも α 相が多く含まれ、欠陥が生じた変質層30bが形成される。また、ショットピーニング処理により、変質層30bおよび内部領域30aに圧縮応力が生じる。用途に応じてチタン部材が最適な圧縮応力のプロファイルを深さ方向に有するよう、上述の条件を変更してショットピーニング処理を複数回行ってよい。一般に大きな投射材31を用いてショットピーニング処理を行うことにより、チタン部材の内部深くに圧縮応力を発生させることができる。

【0040】

次に変質層30bの除去を行う（図4のステップ25）。変質層30bを除去する際、内部領域30aに対してさらに圧縮応力を付加しながら変質層30bを除去することが好ましい。また、変質層30bを除去後、ばね30の表面の面粗度が小さくなっていることが好ましい。このような条件を満たす限り、どのような方法により変質層30bを除去してもよい。しかし、圧縮応力を付加しながら変質層30bを除去するために、機械的あるいは物理的に変質層30bを除去することが好ましい。

【0041】

機械的に変質層30bを除去する場合には、粒子径の小さい投射材を用いてショットピーニングにより変質層30bを除去することがより好ましい。一般にチタン合金の硬度は370～470程度のピッカース硬度を備えているので、この値よりも大きな硬度を有し、研磨性に優れる投射材を用いることが好ましい。たとえば2.5程度の比重および1000程度のピッカース硬度を有し、平均粒径が約50 μ m以下のSiO₂からなる投射材を用いることが好ましい。このような投射材は、粒径および比重が小さいため、衝突によるエネルギーが小さく、投射によってばね30の表面に凹凸を新たに形成することはないが、ある程度衝突によって応力を内部領域30aに付加できる。また、SiO₂からなる投射材は、球状であるものの硬度が大きいと考えられる。これに対して、1回目のショットピーニングで用いた例えば鋳鋼からなる投射材は、SiO₂からなる投射材よりも硬度が小さい。このため、ショットピーニングにおいては、チタン合金部材が塑性変形するだけで、変質層30bや内部領域30aの研磨はほとんど生じない。

【0042】

図5（b）に示すように、SiO₂からなる投射材32をばね30に投射することによって、変質層30bを除去する。この際、変質層30bを完全に除去し、さらに内部領域30aの一部も除去しても良い。また、変質層30bが一部残っていても、表面から所定の深さの表面領域に占める変質層30bの割合が前述した値以下であればよい。ばね30

の表面30sの面粗度が小さくなる。その結果、図5(c)に示すように、変質30bが除去され、内部領域30aが表面30's'に露出したばね30'が得られる(図4のステップ26)。

【0043】

このようにして製造されたチタン合金ばねは、破壊の起点となる欠陥が生じた変質層が除去されており、圧縮応力がばねの表面近傍に生じている。また、表面の面粗度が小さいため、応力集中が緩和される。このため、高い疲労強度を示す。

【0044】

上記実施形態ではばねを例にとり、本発明のチタン合金部材を説明した。この本発明のチタン合金ばねは、二輪車や四輪車などの車両用サスペンションばねに好適に用いることができる。エンジン用バルブスプリングにも適している。また、本発明のチタン合金部材は疲労強度に優れるため、繰り返し応力を受けるばね以外の弾性部材や構造部材にも好適に用いることができる。たとえばエンジンのピストンとクランクシャフトとを結合するコネクティングロッドや、エンジンバルブなどをはじめ、航空機器用部品としても好適に用いることができる。

【0045】

(実験例)

以下、本発明によるチタン部材を作成し、特性等を評価した結果について説明する。チタン合金としてTi-1.5Al-4.5Fe-6.8Mo-0.15Oの組成を有し、直径12mmのワイヤを用いて、コイル径100mm、高さ150mmの二輪車用サスペンションばねを作製した。

【0046】

このばねに対して520℃で3時間時効処理を行った後、以下の条件でショットピーニング処理および変質層の除去を行った。また、比較例として、同様の手順によりばねを作製し、ショットピーニング処理のみを行った。本実施例では、投射材を換えてショットピーニング処理を2回行っている。これはより均等に内部応力を付与するためである。

【0047】

【表1】

	処理	条件
本発明	ショットピーニング	①カットワイヤ：φ0.8mm 投射速度：45m/s 処理時間：90秒 ②スチール：φ0.3mm 投射速度：50m/s 処理時間：60秒
	変質層除去	SiO ₂ ショット：φ0.05mm、 投射方法：遠心法 0.5mmA、処理時間60秒
比較例	ショットピーニング	カットワイヤ：φ0.8mm 投射速度：45m/s 処理時間：90秒
	変質層除去	なし

【0048】

図6(a)および(b)は本発明のばね、および、比較例のばねの断面を示す写真である。図から明らかなように本発明のばねは、表面から内部まで均一な構造を有している。一方、比較例のばねでは欠陥が多数発生した変質層が表面近傍に形成されているのが分かる。また、比較例のばねに比べて本発明のばねの表面では面粗度が小さくなっている。

【0049】

図 7 は、本発明のはねおよび比較例のはねの深さ方向の応力を計測した結果を示すグラフである。応力は、理化学電機製 X 線応力測定装置 P S P C - M S F 型により、X 線法により V 管球を用いた残留応力の測定方法を用いて β 相を計測した。前述したように、歪みゲージ法による補正を行っている。図に示すように、本発明のはねでは、表面から急激に圧縮応力が内部に発生しており、表面から約 $100\ \mu\text{m}$ の深さにおいて、約 $290\ \text{MPa}$ の圧縮応力が生じている。さらに深い部分では圧縮応力は徐々に緩和され、約 $400\ \mu\text{m}$ より深い領域では、 $220\ \text{MPa}$ の一定値をとっている。これは α 相の析出応力ではないかと考えられる。

【0050】

これに対して比較例では表面から徐々に圧縮応力が発生し、約 $200\ \mu\text{m}$ の深さにおいて約 $310\ \text{MPa}$ の圧縮応力が生じている。さらに深い部分では圧縮応力は徐々に緩和され、約 $400\ \mu\text{m}$ より深い領域では、 $260\ \text{MPa}$ の一定値をとっている。

【0051】

図から明らかなように、本発明のはねのほうがより表面近傍において大きな圧縮応力が発生している。

【0052】

図 8 は、本発明のはねおよび比較例のはねに対し、回転曲げ疲労試験を行った結果を示している。図から明らかなように本発明のはねのほうが破断するまでの繰り返し回数が比較例に比べて 10 倍ほど多く、疲労強度が向上していることが分かる。

【0053】

このように、本発明のはねは比較例のはねに比べて、変質層が完全に除去されており表面に欠陥がない、表面の面粗度が小さい、表面から急激に大きな圧縮応力が生じているという特徴を備えている。このような特徴が疲労強度の向上に寄与しているものと考えられる。

【産業上の利用可能性】

【0054】

本発明のチタン合金部材およびその製造方法は、ばねなどの弾性部材や構造部材として種々の分野に適用することができる。特に、軽量で強度が高く、耐久性にも優れるので、車両、航空機などの輸送機器、建築などの分野において好適に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図 1】 (a) および (b) はそれぞれ鋼ばねの断面組織および従来のチタン合金ばねの断面組織を示す写真である。

【図 2】 (a) は従来のチタン合金ばねの断面組織を説明する模式図であり、(b) は深さ方向の応力分布を示している。

【図 3】 (a) は本発明のチタン合金ばねの断面組織を説明する模式図であり、(b) は深さ方向の応力分布を示している。

【図 4】 チタン合金ばねの製造方法を示すフローチャートである。

【図 5】 (a) から (c) はチタン合金ばねの製造方法を示す工程断面図である。

【図 6】 (a) および (b) はそれぞれ本発明のチタン合金ばねおよび比較例の断面組織を示す写真である。

【図 7】 本発明のチタン合金ばねおよび比較例の深さ方向の応力分布を示すグラフである。

【図 8】 本発明のチタン合金ばねおよび比較例の回転曲げ疲労試験の結果を示すグラフである。

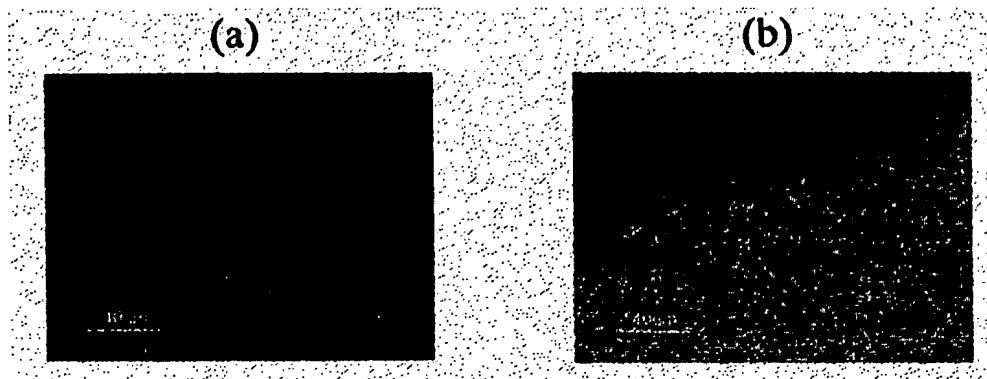
【符号の説明】

【0056】

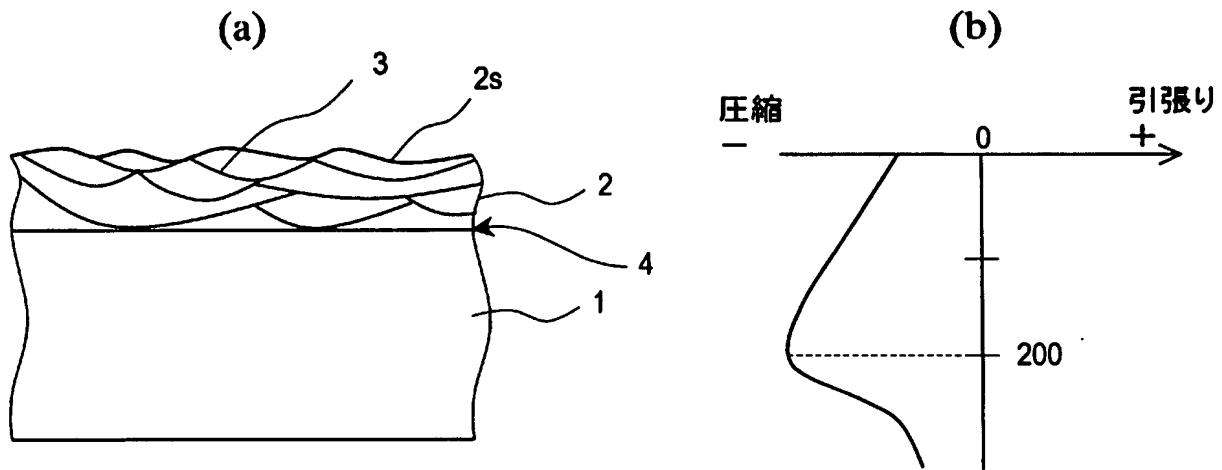
- | | |
|-----------|------|
| 1、11a、30a | 内部領域 |
| 2、30b | 変質層 |
| 3 | 欠陥 |

-	1 1 0	後面側面
	3 0	はね
-	3 0 s	はねの表面
	3 1、3 2	投射材

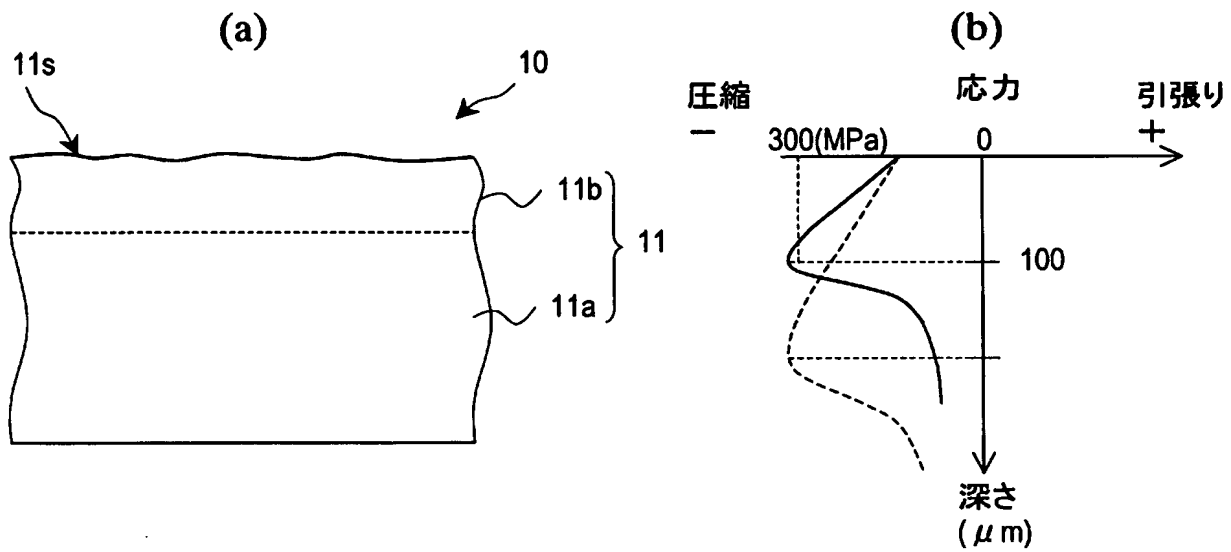
【図 1】

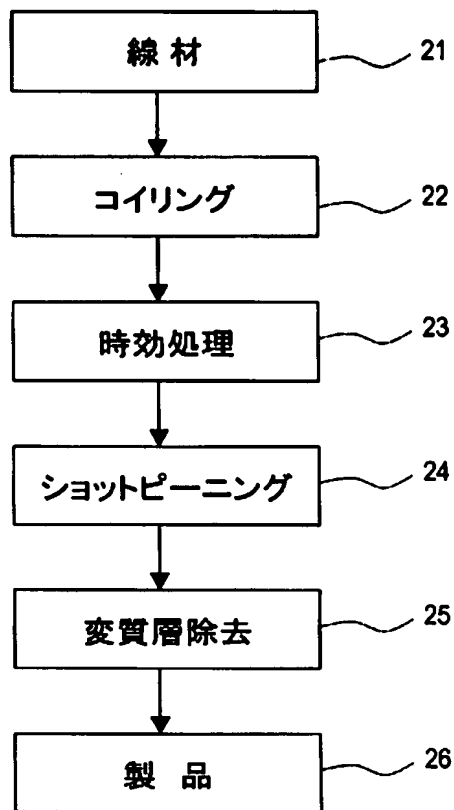


【図 2】

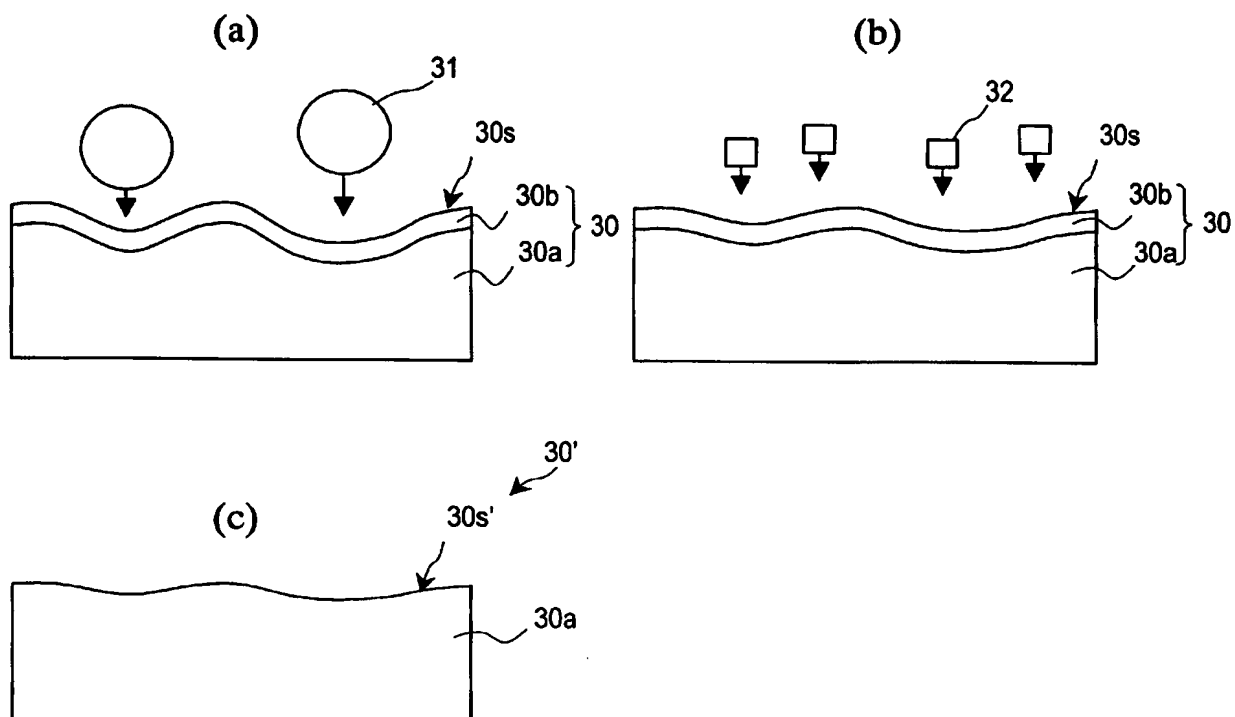


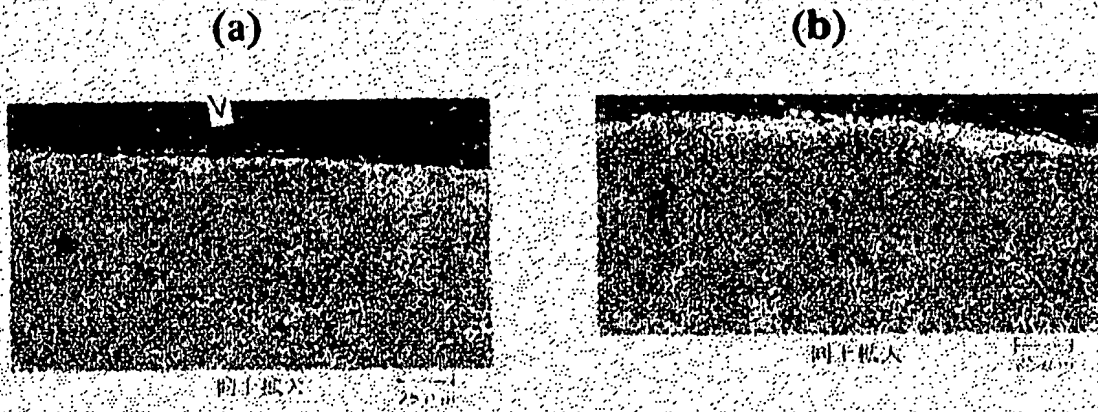
【図 3】



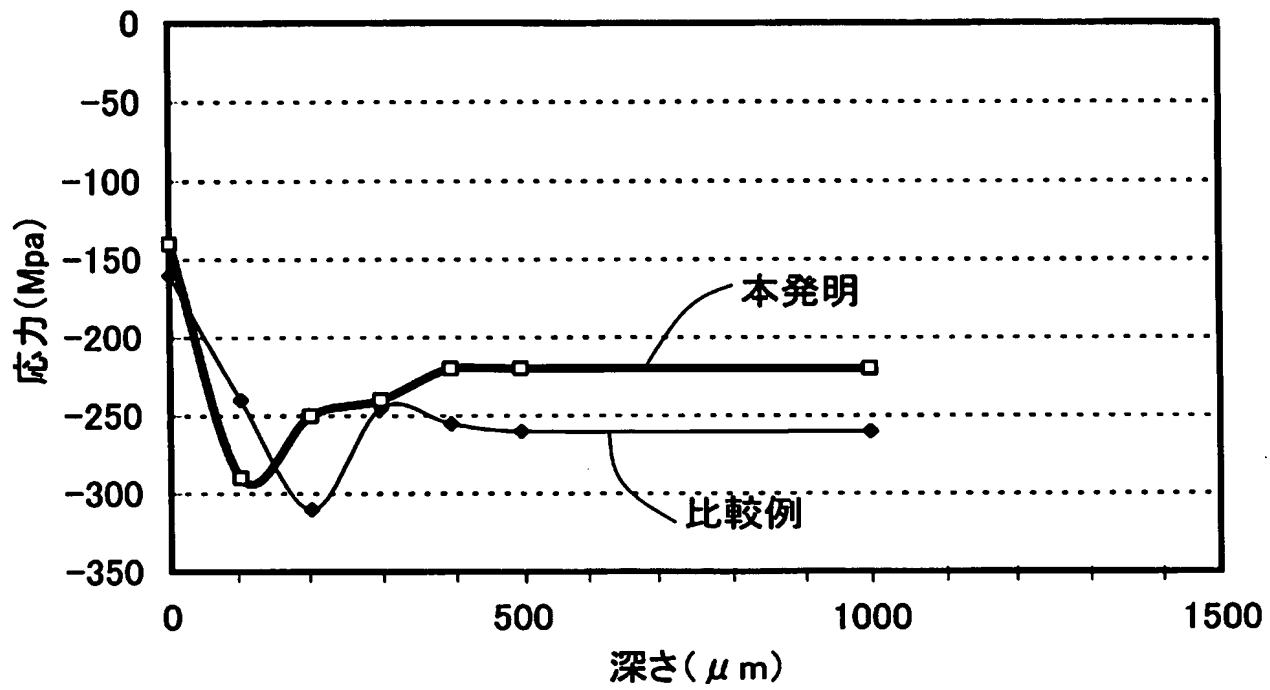


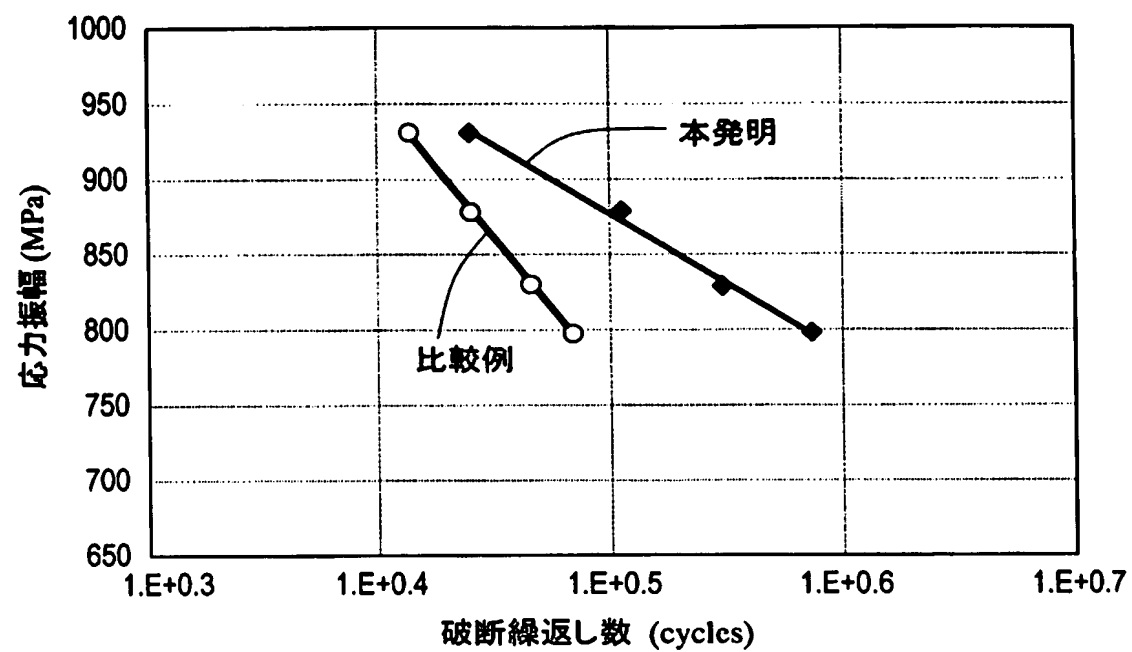
【図 5】





【 図 7 】





【要約】

【課題】 耐久性に優れたチタン合金部材およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 成形チタン合金部材 30 を用意し、第 1 の投射材 31 を用いて成形チタン合金部材 30 にショットピーニングを施す。その後、 SiO_2 からなる第 2 の投射材 32 を用いてショットピーニングを行い、成形チタン合金部材の表面領域に生じた変質層 30b を機械的に除去する。これにより、チタン合金部材の表面には破断の起点となる欠陥がなく、比較的大きな圧縮応力が残留している領域を表面近傍に設けることができ、耐久性に優れたチタン合金部材 30' が得られる。

【選択図】 図 5

0 0 0 0 1 0 0 7 6

19900829

新規登録

静岡県磐田市新貝2500番地

ヤマハ発動機株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/010639

International filing date: 03 June 2005 (03.06.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-172183
Filing date: 10 June 2004 (10.06.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 07 July 2005 (07.07.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.